

ANALISIS METODE DAN BIAYA PERKUATAN BALOK KANTILEVER PADA PROYEK WONDERLAND ULUWATU

Alda Tertia Marella¹⁾, I Wayan Intara²⁾, I Made Jaya³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

²⁾³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

E-mail : aldatertia31@gmail.com¹⁾ , bobintara@gmail.com²⁾ ,
imadejaya2969@gmail.com³⁾

ABSTRACT

A strong and durable structure is the expectation for every building. However, in the implementation of concrete manufacturing projects, there are still many issues due to the quality of concrete not meeting the plan specifications, resulting in an inability to withstand the working load. For example, in the building construction project at Wonderland Uluwatu, the planned concrete quality for the cantilever beam was K300. However, when the hammer test was conducted at 28 days of curing, the expected quality was not achieved. So, a cantilever beam is necessary to repair and strengthen the concrete structure of the building to ensure its safety. This research compares the reinforcement methods for cantilever beams in terms of cost. Two cantilever beam reinforcement methods will be implemented: first, steel jacketing reinforcement using 8 mm and 10 mm thick steel plates; second, IWF steel reinforcement with dimensions of 500 mm x 200 mm x 10 mm x 16 mm. These reinforcement methods will be evaluated through deflection analysis and deviation analysis. The results of this study indicate that the cost of the steel jacketing reinforcement method with thicknesses of 8 mm and 10 mm amounts to Rp. 345,086,768.00. In contrast, repairing or reinforcing the cantilever beam using the IWF 500.200.10.16 steel method, assuming that the IWF is available in Bali, costs Rp. 272,515,956.00. Based on the cost calculations for each reinforcement method, it can be concluded that the IWF steel method is more economical, with a difference of Rp. 72,570,812.00.

Keywords: *Cantilever beam, Reinforcement, Cost*

ABSTRAK

Struktur yang kuat dan mempunyai daya tahan yang tinggi merupakan harapan dari setiap bangunan itu sendiri. Namun pada pelaksanaan proyek dalam pembuatan beton hingga saat ini masih banyak adanya kegagalan fungsi karena mutu beton yang tidak tercapai sesuai yang direncanakan sehingga ketidakmampuan lagi menahan beban yang bekerja. Seperti pada proyek pembangunan gedung di Wonderland Uluwatu yang merencanakan mutu beton balok kantilever sebesar K300, namun saat dilakukan hammer test pada umur beton 28 hari terjadi tidak tercapainya mutu yang direncanakan. Maka perlu dilakukan adanya perbaikan dan perkuatan struktur beton bangunan agar tercapai keamanan struktur bangunan. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan metode perkuatan pada balok kantilever dari segi biaya. Terdapat 2 metode perkuatan balok kantilever yang akan dilakukan; Pertama, perkuatan steel jacketing dengan plat baja tebal 8 dan 10 mm; Kedua, perkuatan baja IWF dengan ukuran 500.200.10.16 mm. Metode perkuatan ini akan di evaluasi dengan analisis lendutan dan analisis simpangan. Hasil dari penelitian ini didapatkan biaya dengan metode perkuatan steel jacketing dengan tebal 8 dan 10 mm sebesar Rp.345.086.768,00. Sedangkan perbaikan atau perkuatan balok kantilever dengan metode baja IWF 500.200.10.16 dengan asumsi IWF tersebut tersedia di Bali maka diperlukan biaya sebesar Rp.272.515.956,00. Berdasarkan hasil perhitungan biaya pada masing masing perkuatan maka dapat disimpulkan bahwa perkuatan dengan metode baja IWF lebih ekonomis dengan selisih sebesar Rp.72.570.812,00.

Kata Kunci: *Balok kantilever, Perkuatan, Biaya*

PENDAHULUAN

Wedding vanue dengan konsep *outdoor* direncanakan dengan desain sedemikian rupa agar dapat memanfaatkan pemandangan alam. Untuk tidak menutupi pemandangan pantai pada sekitar wedding vanue, terdapat balok yang membentang tanpa adanya kolom yang biasa disebut dengan balok kantilever. Balok kantilever harus direncanakan secara matang agar pada saat terkena beban mati, hidup maupun gempa, balok kantilever ini tidak mengalami pergerakan secara vertikal maupun horizontal yang melebihi batas aman, sesuai dengan sifat dari struktur beton bertulang itu sendiri.

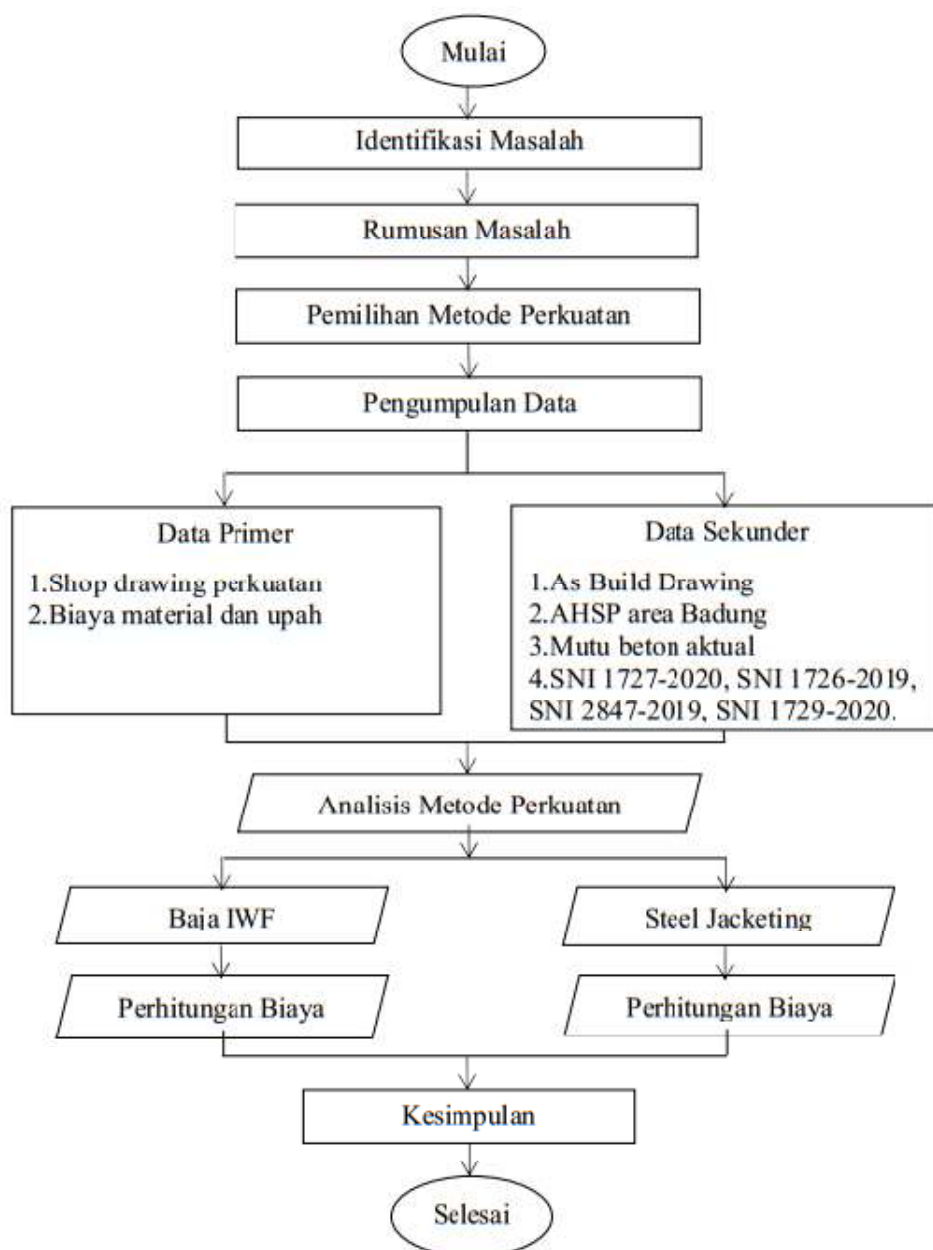
Struktur yang kuat dan mempunyai daya tahan yang tinggi merupakan harapan dari setiap bangunan itu sendiri. Namun pada pelaksanaan proyek dalam pembuatan beton hingga saat ini masih banyak adanya kegagalan fungsi karena mutu beton yang tidak tercapai sesuai yang direncanakan sehingga ketidakmampuan lagi menahan beban yang bekerja[1]. Hal ini dapat dibuktikan melalui pengujian mutu beton tanpa merusak balok tersebut berupa *hammer test* dan UPVT. Pengujian ini dilakukan pada semua beton balok kantilever yang sudah mengeras dengan beberapa titik untuk sebagai pembandingan sehingga mendapatkan hasil yang semestinya.

Pada proyek Wonderland Uluwatu merencanakan mutu beton balok kantilever sebesar K300, namun saat dilakukan *hammer test* pada umur beton 28 hari terjadi tidak tercapainya mutu yang direncanakan. Akibat ketidaksesuaian mutu beton di lapangan, maka dilakukan analisis lebih lanjut oleh tim perencana dan hasil menyatakan bahwa mutu beton balok kantilever tersebut tidak mampu menerima beban yang ada. Sehingga tim perencana menyarankan perlu dilakukan adanya perbaikan dan perkuatan struktur beton bangunan agar tercapai keamanan struktur bangunan agar dapat segera dioperasikan. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kebutuhan biaya yang diperlukan pada masing-masing metode perbaikan perkuatan struktur bangunan gedung Wonderland Uluwatu. Sehingga dapat mengetahui metode perkuatan struktur yang paling ekonomis tanpa mengorbankan kekuatan yang diinginkan.

METODE PENELITIAN

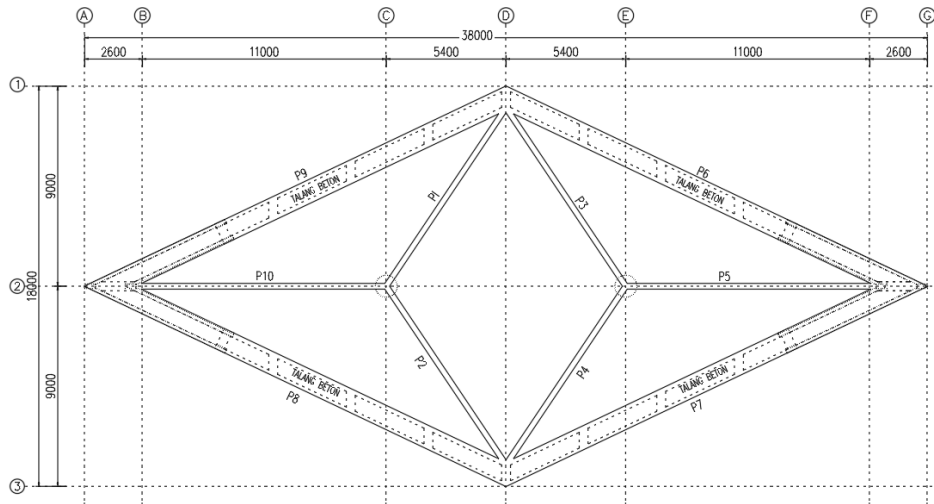
Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan metode perkuatan pada balok kantilever dari segi biaya. Balok eksisting merupakan balok kantilever *non-prismatic* dengan dimensi (1500-1000mm) x 500 mm x 250 mm x 200 mm. Berdasarkan hasil

perhitungan dan analisis struktur eksisting yang telah dilakukan, maka dilakukan 2 metode perkuatan struktur yaitu dengan *steel jacketing* dan menambahkan baja IWF pada balok kantilever dan akan dianalisis menggunakan aplikasi SAP2000 v.22[2]. Setelah mendapatkan perkuatan yang optimal, perkuatan tersebut akan dihitung biaya yang diperlukan pada masing-masing perkuatan menggunakan AHSP tahun 2023 area Badung. Hasil akhir dari penelitian ini adalah mendapatkan metode perkuatan yang paling ekonomis. Diagram Alir pada penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat gambar denah eksisting dari gedung *wedding vanue* Wonderland Uluwatu yang ditinjau mengalami kegagalan mutu pada balok P1, P2, P3, P4 sesuai dengan hasil pengujian mutu dengan *Hammer Test* dan UPVT yang menunjukkan dibawah 24,9 MPa

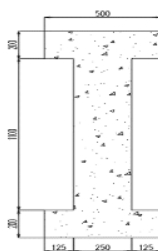


Dalam menganalisis struktur perlu adanya identifikasi beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut hasil dari perhitungan beban yang telah dilakukan berdasarkan SNI 1727-2020[3].

Jenis	Keterangan	Berat	Satuan
Beban Mati	Pembebanan Pelat (Lantai 1)	77	Kg/m ²
	Pembebanan Dinding Kaca	160	Kg/m
	Pembebanan Atap	10,5	Kg/m ²
Beban Hidup	Pembebanan Pelat (Lantai 1)	479	Kg/m ²
	Pembebanan Balok Talang	100	Kg/m ²
	Pembebanan Atap	100	Kg/m ²
Beban Angin	Angin Tekan	8	Kg/m ²
	Angin Tiup	16	Kg/m ²
Beban Air Hujan	Pembebanan Atap	32	Kg/m ²
	Pembebanan Balok Talang	58,8	Kg/m ²

Dalam analisis struktur pada gedung Wonderland Uluwatu dilakukan dengan aplikasi SAP2000 v.22 dengan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Analisis Kondisi Eksisting
 - Detail Balok



- Analisis Lendutan

$$\delta_{\text{izin}} \text{ P1 - P4} = \frac{l}{480} = \frac{9300}{480} = 19,375 \text{ mm}$$

Balok	Bentang (mm)	δ izin	δ SAP	Keterangan (δ izin > δ SAP)
P1	9300	19,375	31.869	NOT OK
P2	9300	19,375	30,750	NOT OK
P3	9300	19,375	31.869	NOT OK
P4	9300	19,375	30,750	NOT OK

- Periode Getar

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= T_{\text{SAP}} < T_{\text{max}} \\ &= 0,3308 > 0,2526 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

- Analisis Simpangan

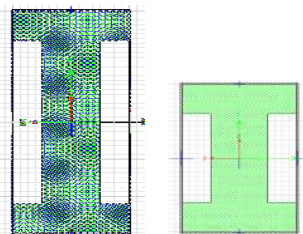
$$\Delta_a = 0,015 \times h = 0,015 \times 4,5 = 0,0675 \text{ m}$$

Lantai	Hsx	δx	Δx	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta x < \Delta a$
Atap	4.50	0.00665	0.0029	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

Lantai	Hsx	δy	Δy	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta x < \Delta a$
Atap	4.50	0.00082	0.0036	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

2. Analisis Kondisi Perkuatan Steel Jacketing

- Detail Perkuatan



- Analisis Lendutan

Balok	Bentang (mm)	Tebal Plat Perkuatan	δ izin	δ SAP	Keterangan (δ izin > δ SAP)
P1	9300	10	19,375	16,354	OK
P2	9300	8	19,375	16,967	OK
P3	9300	10	19,375	16,354	OK

P4	9300	8	19,375	16,967	OK
----	------	---	--------	--------	----

- Periode Getar

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= T_{\text{SAP}} < T_{\text{max}} \\ &= 0,2159 < 0,2526 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Analisis Simpangan

Lantai	Hsx	δx	Δx	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta x < \Delta a$
Atap	4.50	0.000638	0.0028	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

Lantai	Hsx	δy	Δy	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta y < \Delta a$
Atap	4.50	0.000721	0.0032	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

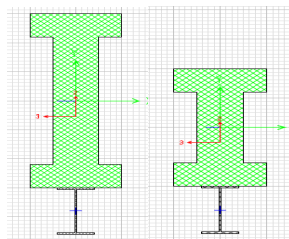
- Kebutuhan Sambungan

Sambungan Las berjenis RD-460 AWS A5.1 E60113 dengan plat baja tebal 10 mm dinyatakan mampu menahan beban yang bekerja terhadap struktur. Adapun perhitungan kekuatan las pada profil tersebut yaitu:

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{3858600}{10 \times 9800} \\ &= 39.373 \text{ Kg/mm} < 47.1 \text{ Kg/mm (OK)} \end{aligned}$$

3. Analisis Kondisi Perkuatan Baja IWF

- Detail Perkuatan



- Analisis Lendutan

Balok	Bentang (mm)	Ukuran IWF	δ izin	δ SAP	Keterangan (δ izin $>$ δ SAP)
P1	9300	500x200	19,375	17,077	OK
P2	9300	500x200	19,375	16,885	OK
P3	9300	500x200	19,375	17,077	OK
P4	9300	500x200	19,375	16,885	OK

- Periode Getar

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= T_{\text{SAP}} < T_{\text{max}} \\ &= 0,2159 < 0,2526 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Analisis Simpangan

Lantai	Hsx	δx	Δx	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta x < \Delta a$
Atap	4.50	0.000644	0.0028	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

Lantai	Hsy	δy	Δy	Δa (Ijin)	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	$\Delta y < \Delta a$
Atap	4.50	0.000728	0.0032	0.0675	OK
LT.1	0	0	0	0	

- Kebutuhan Sambungan

Sambungan dengan baut berjenis A-325 diameter 16 sebanyak 12 bh dinyatakan mampu menahan beban yang bekerja terhadap struktur. Adapun perhitungan kekuatan baut tersebut yaitu:

- Kontrol Plat

$$\begin{aligned} \text{Leleh} &= 0,75 \times A_g \times F_y \\ &= 0,75 \times 2800 \times 240 / 1000 \\ &= 504 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Retak} &= 0,75 \times A_e \times F_u \\ &= 0,75 \times (2800 - 2(16+2) \cdot 10) \times 370 / 1000 \\ &= 677,1 \text{ KN} > 385,86 \text{ KN (OK)} \end{aligned}$$

- Tinjauan Tahanan

$$\begin{aligned} R_n &= 0,75 \times r_l \times F_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 825 \times 1 \times 200,96 / 1000 \\ &= 74,606 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_{\text{plat}} \times F_u \text{ plat} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 16 \times 14 \times 370 / 1000 \\ &= 149,184 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$n = 12,00 \times 74,606 \text{ KN}$$

$$= 895,272 \text{ KN} > 385,86 \text{ KN (OK)}$$

Analisis rencana anggaran biaya dilakukan sebagai perbandingan antara alternatif perkuatan *steel jacketing* dengan perkuatan baja IWF. Pada analisis ini, perhitungan biaya dapat setelah dilakukan perhitungan volume per item pekerjaan. Untuk menghitung analisis biaya tersebut, dibutuhkan data seperti HSP wilayah Badung serta melakukan survey harga material[4]. Adapun hasil perhitungan biaya yang dibutuhkan oleh masing-masing perkuatan sebagai berikut:

NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME		HARGA SATUAN (Rp.)	JML. HARGA (RP.)
I	PEKERJAAN PERKUATAN STEEL JACKETING				
1	Pekerjaan pemasangan baja pelat 8 mm	4340.74	kg	Rp 32,031.89	Rp 139,041,978.07
2	Pekerjaan pemasangan baja pelat 10 mm	5425.92	kg	Rp 32,031.89	Rp 173,802,472.59
3	Pekerjaan mortar khusus tebal 20 mm	9.80	m2	Rp 88,856.39	Rp 870,792.59
REAL COST					Rp 313,715,243.25
PPN 10%					Rp 31,371,524.32
TOTAL HARGA					Rp 345,086,767.57
DIBULATKAN					Rp 345,086,768.00
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME		HARGA SATUAN (Rp.)	JML. HARGA (RP.)
II	PEKERJAAN PERKUATAN BAJA IWF				
1	Pekerjaan pemasangan baja IWF 500.200.10.16	3512.32	kg	Rp 53,361.00	Rp 187,420,907.52
2	Pekerjaan mortar khusus tebal 20 mm	7.84	m2	Rp 88,856.39	Rp 696,634.07
3	Pekerjaan Chemical Ancor	96.00	bh	Rp 40,000.00	Rp 3,840,000.00
4	Baut A-325	96.00	bh	Rp 150,000.00	Rp 14,400,000.00
5	Pekerjaan pelat baja (endplate)	85.46	kg	Rp 32,031.89	Rp 2,737,388.94
6	Pekerjaan baja ex. IWF 500.200 (Haunch / Voute)	702.46	kg	Rp 53,361.00	Rp 37,484,181.50
7	Pekerjaan stiffner tebal 8 mm	36.30	kg	Rp 32,031.89	Rp 1,162,666.12
REAL COST					Rp 247,741,778.16
PPN 10%					Rp 24,774,177.82
TOTAL HARGA					Rp 272,515,955.98
DIBULATKAN					Rp 272,515,956.00

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis serta perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Biaya yang diperlukan untuk perbaikan atau perkuatan balok kantilever struktur bangunan gedung Wonderland Uluwatu dengan metode perkuatan steel jacketing dengan tebal 8 dan 10 mm sebesar Rp.345.086.768,00. Sedangkan perbaikan atau perkuatan balok kantilever dengan metode baja IWF 500.200.10.16 dengan asumsi IWF tersebut tersedia di Bali maka diperlukan biaya sebesar Rp.272.515.956,00.
2. Berdasarkan hasil perhitungan biaya pada masing masing perkuatan maka dapat disimpulkan bahwa perkuatan dengan metode baja IWF lebih ekonomis dengan

asumsi IWF tersebut tersedia di Bali dibandingkan perkuatan steel jacketing dengan selisih sebesar Rp.72.570.812,00.

Adapun saran yang dapat penulis berikan dari hasil analisis yang telah dilakukan yaitu:

1. Dalam pemilihan metode perkuatan disarankan untuk meninjau dari segi kemudahan pemasangan ataupun segi arsitektur untuk menunjang estetika atau proporsional dari bangunan tersebut dan juga mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Perkuatan baja IWF dengan ukuran 500.200.10.16 belum tersedia di Bali sehingga diperlukan pemesanan terlebih dahulu. Untuk itu penelitian selanjutnya disarankan untuk memakai alternatif perkuatan dengan material baja castella
3. Dalam perhitungan perkuatan balok kantilever dapat dianalisis menggunakan berbagai aplikasi struktur lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang ada serta memperhitungkan biaya perkuatan yang diperlukan
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis lendutan pada perkuatan dengan nilai sisa atau selisih dari nilai lendutan rencana dengan nilai lendutan aktual dan juga meninjau kembali terhadap biaya kirim pada perkuatan baja IWF

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Agustinus and C. Lesmana. "Perbandingan Analisis Perkuatan Struktur Pelat dengan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 1–25, 2019
- [2] H. Khoeri. "Pemilihan Metode Perbaikan dan Perkuatan Struktur Akibat Gempa (Studi Kasus pada Bank Sulteng Palu)," *Konstruksia*, vol. 12, no. 1, p. 93, 2021.
- [3] O. A. Pala'biran, R. S. Windah, and R. Pandaleke. "Perhitungan Lendutan Balok Taper Kantilever Dengan Menggunakan Sap2000," 2019.
- [4] H. I. Nyoman Mariantha, BA, S.E., M.Si. *Manajemen Biaya: Cost Management*. Celebes Media Perkasa, 2021.